Was ist Biodiversität?

Inhalt dieser Lehrerinfo

- Was ist Biodiversität?
    - Artenvielfalt
    - Genetische Vielfalt
    - Vielfalt der Ökosysteme
- Wie wird Artenvielfalt gemessen?
- Wie ist diese Biologische Vielfalt entstanden?
- Darwin als Schlüsselfigut im Verständnis für die Evolution
    - Adaptive Radiation
    - Der Mensch als Schlüsselfigut in der Evolution?
- Vielfalt katalogisieren

Als Biodiversität bezeichnet die Biodiversitätskonvention der Vereinten Nationen die Vielfalt aller lebenden Organismen, Lebensräume und Ökosysteme auf dem Land, im Süßwasser, in den Ozeanen sowie in der Luft.

Demnach beinhaltet Biodiversität
- die Vielfalt unterschiedlicher Arten - auch innerhalb einer Art (taxonomische Diversität)
- die genetische Vielfalt innerhalb einzelner Arten sowie die Diversität aller Organismen eines Lebensraums (genetische Diversität)
- die Vielfalt an Biotopen und Ökosystemen sowie an Ökosystemfunktionen wie Bestäubung und Samenverbreitung (ökologische und funktionale Diversität)
- die Vielfalt an Verhaltensweisen von Tieren (kulturelle Vielfalt)

Begriffe wie Artenvielfalt oder biologische Vielfalt werden häufig synonym verwendet. Laut der obigen Definition ist das Konzept der Biodiversität jedoch umfassender als der Begriff der Artenvielfalt. Dieser ist lediglich ein Maß für die Anzahl an Arten. Artenvielfalt ist also strenggenommen nur ein Teilaspekt der Biodiversität.[1]
Die gängigste Definition jedoch ist, dass Biologische Vielfalt nur drei Bereiche umfasst: die Vielfalt von Ökosystemen, die Vielfalt der Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb einer Art.[2]
Die Biodiversität (Biologische Vielfalt) umfasst etwa 1,9 Millionen bekannte (8 bis 10 Millionen geschätzte) Tier-, Pflanzen- und Pilzarten und eine noch viel größere Vielfalt von Mikroorganismen (u. a. Bakterien, Einzeller) und ihre Variationen (genetische Vielfalt).[3]

Die Vielfalt auf allen drei Ebenen kann von uns Menschen zum Beispiel für Ernährungssicherheit und Fortschritte in Medizin und Technik genutzt werden.

Artenvielfalt



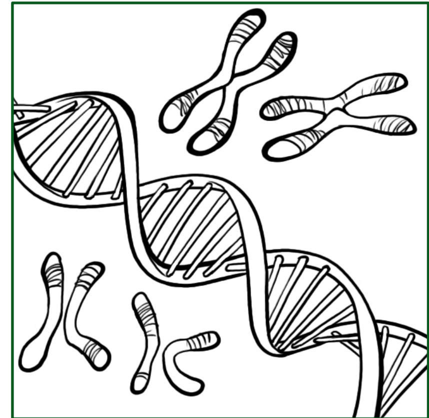
Der Begriff Artenvielfalt wird fälschlicherweise oft gleichbedeutend zur Biodiversität verwendet, sie ist allerdings nur ein Teilaspekt der biologischen Vielfalt. Die Artenvielfalt der Erde zeigt sich in den verschiedensten Spezies, also der Anzahl der Arten in einem Gebiet (Tiere, Pflanzen, Pilze, Algen, Bakterien, Viren).[4]
Arten sind meist nur an sehr enge Lebensbedingungen angepasst. Es gibt viele Faktoren, die diese Lebensbedingungen beeinflussen und die Arten reagieren unterschiedlich auf die verschiedenen Faktoren. Zu den Faktoren gehören die geografische Lage wie Breitengrad und Höhenlage, Klimafaktoren wie Temperatur und Niederschläge, die Artenzusammensetzung im Lebensraum und viele mehr.
Betrachtet man die Biodiversität auf der Erde können einige Gebiete identifiziert werden, die eine besonderes hohe Biodiversität aufweisen und in denen besonders viele endemische Arten leben. Diese Gebiete werden „Hotspots der Biodiversität“ genannt und sie stehen sowohl bei gemeinnützige Organisationen als auch vielen Regierungen oben in der Liste zu schützender Regionen.[5]

©Illustration: Özi's Comix Studio

VISIT…

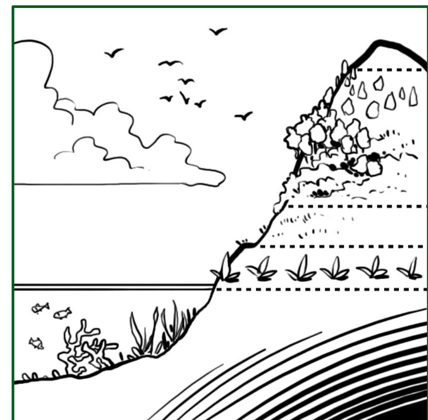
LANZAROTE
Caliente.com

Genetische Vielfalt



Die genetische Vielfalt der einzelnen Arten ist auf die Unterschiede in der DNA zurück zu führen.[6] Diese unterschiedlichen Gene aller Lebewesen zusammen mit deren DNA, also der Trägerin der Erbinformation, bilden die genetische Vielfalt der Biodiversität. Verschiedene Varianten dieser Gene, die Allele, können durch unterschiedliche Kombinationen zu unterschiedlichen Ausprägungen eines Merkmals bei Lebewesen führen. Dadurch entsteht zum Beispiel auch die eindrucksvolle rotorange Färbung der Blüten des in den Tropen und Subtropen vorkommenden Korallenbaums. Erst durch die genetische Vielfalt ist es den Arten überhaupt möglich sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen. Die Gene derjenigen Tiere und Pflanzen, die am besten an ihre Umwelt angepasst sind, setzen sich in ihrer jeweiligen Nische durch. Diesen Vorgang nennt man auch „natürliche Auslese“ (vgl. Darwins Evolutionstheorie). So haben zum Beispiel Kolibris verschieden lange und unterschiedlich geformte Schnäbel, mit denen sie aus unterschiedlich geformten Blüten trinken können. Manchmal sind es nur winzig kleine Unterschiede wie anders geformte Schuppen der Schlangenhaut, die den Unterschied zweier Arten ausmachen.
Über diese Anpassungsmechanismen sind über Jahrmillionen der Evolution auch viele Stoffe entstanden, die für uns Menschen nützlich sind. Die große Vielfalt an natürlichen Ressourcen, die uns die Biodiversität zur Verfügung stellt, ist die Basis unseres Lebens. Neben Nahrung, Brennmaterial, Baustoffen und vielem mehr, stellt uns die Natur seit tausenden von Jahren eine Vielzahl an Substanzen für unsere Medikamente zur Verfügung.

Vielfalt der Ökosysteme



Zur Biodiversität gehört nicht nur die Vielfalt aller Lebensformen, sondern auch die von ihnen besiedelten und regulierten biologischen Systeme (Ökosysteme, Biome) – wie Wälder, Grasländer, Süßwasser- und Meeresökosysteme.[7]

Ein Ökosystem besteht aus einem Lebensraum und aus den Tieren, Pflanzen und anderen Organismen, die in ihm leben. Alle Bestandteile eines Ökosystems sind voneinander abhängig und erfüllen wichtige Funktionen. Verändern oder entfernen Umwelteinflüsse oder der Mensch einen Bestandteil des Systems, kann sich das katastrophal auf ein Ökosystem auswirken. Aber auch einmalige Störung des Lebensraums, wie Naturkatastrophen oder die Nutzung durch den Menschen, beeinträchtigt Arten, die in einem Ökosystem leben. Das ist besonders schlimm für die Tiere und Pflanzen, die sich stark auf ihre Umgebung spezialisiert haben und nur in einem bestimmten Gebiet vorkommen. Denn für diese sogenannten „Endemiten“ ist der Erhalt dieses Systems überlebenswichtig. Erhält man also möglichst viele verschiedene Ökosysteme, so schützt man auch die Artenvielfalt und viele Tier- und Pflanzenarten! Umgekehrt, so glauben viele Ökologen, wirkt sich auch die Artenvielfalt stabilisierend auf Ökosystem aus.

©Illustration: Özi's Comix Studio

Die Gründe hierfür finden sich in diesen drei Eigenschaften, die auf alle Ökosysteme zutreffen:

1. sie sind offen, das heißt, sie gehen ineinander über und Arten können zwischen Systemen wechseln,
2. sie sind dynamisch, das heißt, sie reagieren auf Einflüsse von außen und auf Veränderungen innerhalb des Systems und können dadurch verändert werden,
3. sie sind komplex, das heißt, durch die stetigen Wechselwirkungen zwischen Organismen und ihrem Lebensraum entsteht ein komplexes Beziehungsnetz.

Man unterscheidet zwischen terrestrischen und aquatischen Ökosystemen, also Ökosystemen an Land und Ökosystemen im Wasser. Die Ökosysteme an Land können in große Gruppen eingeteilt werden, sogenannte Biome, die zumeist das jeweilige Klima als Gemeinsamkeit haben.

Beispiele für Biome sind tropische Wälder, Savannen, Wüsten oder Tundra. Biome sind genauso wie Ökosysteme nicht unveränderlich. Eine der großen Gefahren der Klimakrise ist zum Beispiel, dass sich die Regenwälder des Amazonas-Tieflandes in eine Savanne verwandeln könnten.
Die Biodiversität beeinflusst und reguliert fundamentale Prozesse des Erdsystems wie Bodenbildung, Klima, Wasser-, Gas- und Nährstoffkreisläufe und ist unerlässlich zur Sicherstellung der Lebensgrundlagen aller Lebewesen und damit auch für die gesamte Menschheit."[8]

Wie wird die Artenvielfalt gemessen?

Wie artenreich bestimmte Gebiete tatsächlich sind, weiß man nicht unbedingt. Wissenschaftler*innen auf der ganzen Welt untersuchen, überwachen und zählen Tiere, Pflanzen und Lebensräume. Als Spezialisten für ihr Fachgebiet versuchen sie so einen Überblick zu bekommen, wie viele verschiedene Arten es auf unserer Erde gibt. Für unterschiedliche Arten werden dabei unterschiedliche Methoden benutzt.[9] Größere Arten kann man durch einfaches Zählen in der Natur erfassen, bei großen Herden und offenem Gelände wird das teilweise sogar aus dem Flugzeug heraus gemacht. In unwegsamen Gelände mit dichtem Bewuchs haben sich Kamerafallen bewährt oder man zählt die Hinterlassenschaften der Tiere wie Kot oder Haarbüschel.[10] Heutzutage nutzt man auch DNA-Analysen und andere Laborverfahren, um zum Beispiel die Artenvielfalt in Gewässern oder die genetische Vielfalt einer Art zu bestimmen.[11] Mit den Daten zu einzelnen Arten und Erhebungen zur Artenvielfalt in einem Gebiet lässt sich mit komplizierte Berechnungen die Biodiversität ermitteln. Andere Wissenschaftler und Institutionen tragen die veröffentlichten Studien und andere Aufzeichnungen zu einzelnen Arten und Regionen zusammen, um so eine grobe Ahnung von der globalen Biodiversität zu bekommen.[12]

Aktuelles Beispiel: Der Bericht des UN-Gremiums IBPES wurde so zum Beispiel in drei Jahren von 145 Fachleuten aus mehr als 50 Ländern und 310 weiteren Autoren verfasst. Sie wählten aus mehreren hunderttausend wissenschaftlichen und politischen Publikationen rund 15.000 der relevantesten aus, bewerteten sie und stellten die Beiträgen in einen Zusammenhang. So ergab sich ein Gesamtbild der Umwelt-Veränderungen der letzten 50 Jahre.



Anbringen einer Fotofalle - ©OroVerde/I.Zimmermann



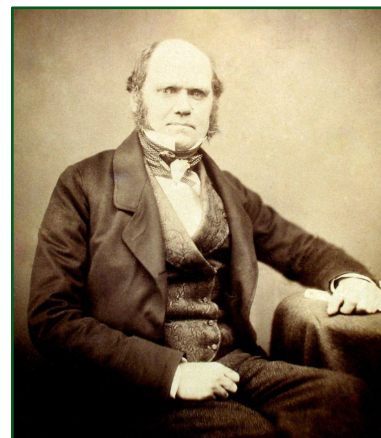
Nachtaufnahme von zwei Tapiren einer Fotofalle - ©FDN

Wie ist diese Biologische Vielfalt entstanden?

Über den Ursprung und die Entstehung der Arten auf der Erde gibt es verschiedene Ansätze. Neben der Schöpfungslehre, nach der alles heutige Leben von einem übernatürlichen Wesen erschaffen wurde, ist insbesondere die Evolutionstheorie mittlerweile weit verbreitet und in der Wissenschaft angesehen. Sie geht davon aus, dass sich Lebewesen über eine sehr lange Dauer aus gemeinsamen Urformen entwickelt haben. Biologische Evolution bezeichnet diesen Prozess, der stattfand, auch heute noch fortbesteht und dabei die Biologische Vielfalt herbeigeführt hat.[13] Diese Anpassungen und Weiterentwicklungen beruhen auf der Annahme, dass sich Lebewesen neuen Begebenheiten in ihrer Umwelt, ihren Ökosystemen anpassen müssen, um Effektiver oder Energiesparender zu sein oder um schlicht weg weiterbestehen zu können.
Die Biologische Vielfalt auf genetischer Ebene ist die Grundlage der Evolution aller Lebewesen. Die genetische Vielfalt liefert das Material für die natürliche Selektion, also das Überleben der bestangepassten Individuen einer Art; sie ist also die Grundlage für die Anpassungsfähigkeit von Arten an ihre Umwelt.[14]

Die evolutionäre Anpassung, die durch menschliches Handeln vorangetrieben wird, können in diversen Bereichen bereits gesehen werden: Insekten und Pflanzen entwickeln sich als Resistenz gegenüber Pestiziden und Herbiziden, für den Fischfang relevante Meeresfische und wirbellose Tiere werden kleiner und erreichen frühere ihre Geschlechtsreife oder Pflanzen im städtischen Umfeld, welche sich winterhart entwickeln.[15]
Auf der anderen Seite sind die sich verändernden Umweltbedingungen, wie dem Klimawandel, Fragmentierung und dem Verschwinden von Lebensräumen so rapide, dass die Evolution nicht Schritt halten kann.[16]

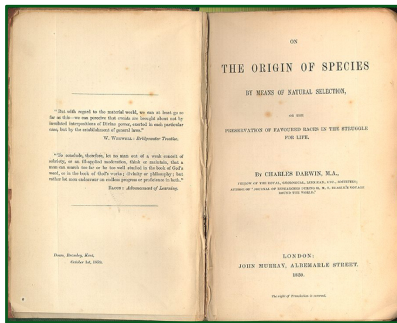
Darwin als Schlüsselfigur im Verständnis für die Evolution



Charles Darwin war ein britischer Naturforscher (1809-1882), dessen Theorien großen Einfluss hatten. Bis heute wird der Begriff des „Darwinismus“ als Synonym für das Konzept der biologischen Evolution verwendet. Nach einem abgebrochenen Medizinstudium widmete er sich der Theologie, Geologie und Zoologie/Botanik. Von 1831 bis 1836 nahm er an einer Schiffsexpedition teil, mit dem Ziel, Teile der südamerikanischen Küste zu kartieren. Diese schicksalsträchtige Reise und besonders seine Beobachtungen auf dem Galapagos-Archipel prägten seine Forschungen. Die Galapagosinseln sind kein Teil eines Festlands, Lebewesen waren vor Ort wenig Konkurrenz ausgeliefert. Dadurch ergab sich eine sehr besondere Umgebung und viele endemische Arten.[17]
Auf seinen Reisen machte Darwin drei elementare Beobachtungen:

- die einheitlichen Merkmale vieler Lebewesen,
- die gleichzeitige Vielfalt ihrer Lebensformen und
- die effektiven Anpassungen an die Umwelt.

Er erkannte, dass die Individuen einer Population sich in ihren Merkmalen unterscheiden und viele davon vererbbar scheinen, also von den Eltern an ihre Nachkommen weitergegeben werden können. Daneben auffallend waren übergreifende Einheitlichkeit wie beispielsweise Ähnlichkeiten von Skeletten und die universelle genetische Sprache der DNA.[18] Aufbauend auf diesen Erkenntnissen suchte Darwin nach Erklärungen.

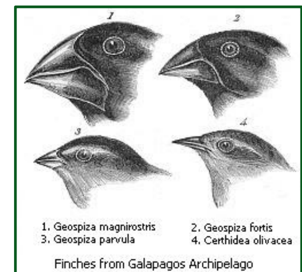

ON
THE ORIGIN OF SPECIES
BY MEANS OF NATURAL SELECTION,
OR THE
PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.
By CHARLES DARWIN, M.A.,
LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

1859 veröffentlichte Darwin seine Theorie über den Ursprung der Arten (Originaltitel: „On the Origin of Species by Means of Natural Selection"), eines bis heute der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Bücher. Darin beschrieb er sein Konzept einer fortwährenden Entwicklung der Arten und stellte seine Hypothese der damals vorherrschenden Schöpfungslehre entgegen. Neue Arten seien nicht durch plötzliche Evolution entstanden, sondern über einen sehr langen Zeitraum voller kleiner Veränderungen aus einer ursprünglichen Art.[19]

Die Geschichte der Arten sei eine „gemeinsame Abstammung mit allmählicher Abwandlung (Modifikation)". Den Mechanismus, der dahinter steckt betitelte Darwin als „natürliche Auslese/Selektion". Er stellte fest, dass innerhalb einer Population die Anzahl der Nachkommen größer ist als die Ressourcen, die die Umwelt zur Verfügung stellt (Nahrungsquellen, Nistplätze, etc.). Deshalb entsteht eine Konkurrenz und nur die Individuen überleben, die besser an die Bedingungen angepasst sind bzw. die Individuen mit den passenderen Eigenschaften hinterlassen mehr Nachkommen.[20] Durch diese unterschiedlichen Fortpflanzungserfolge und verbesserte Überlebenschancen setzen sich im Laufe der Zeit gewisse Eigenschaften durch und andere gehen zurück. Individuen selbst erleben keine Evolution, sondern Populationen verändern sich.[21]
Auf diese Weise sind auch nach und nach neue Arten entstanden, die sehr spezifisch an bestimmte Lebensweisen und Umweltbedingungen angepasst sind. Bei Umweltveränderungen kann dieser Prozess über viele Generationen ebenfalls zu neuen Arten führen.

Adaptive Radiation

Kommt es dazu, dass sich eine Stammform in mehrere abgeleitete Arten aufspaltet, spricht man von adaptiver Radiation. Dies passiert, wenn verschiedene Populationen in unterschiedlichen Gebieten und ökologischen Nischen (d.h. die Rolle der Art in einem Ökosystem) sich über die Zeit an die verschiedenen herrschenden Umweltbedingungen anpassen und spezialisieren. Musterbeispiel dafür sind die Darwinfinken, von denen es 14 Arten gibt, die nah verwandt sind und wahrscheinlich von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen. Durch ungleiche Entwicklung in ihren jeweiligen Lebensräumen unterscheiden sich die Arten heute stark in ihrer Morphologie (Körpergröße, -form, Schnabelgröße, -form, etc.). Die Auswirkungen der verschiedenen ökologischen Nischen lassen sich gut erkennen. Besonders die Form der Schnäbel zeigt die unterschiedlichen Ernährungsweisen. Arten, die vor allem auf harte Samen und Kerne zurückgreifen, sind auf einen kurzen, kräftigen Schnabel angewiesen, um diese zu knacken, während Insektenfresser mit einem dünnen Schnabel ausgestattet sind.[22] Auf den nahezu ungestörten Galapagos-Inseln, die der Lebensraum der Darwinfinken sind, lassen sich wegen der natürlichen Bedingungen gute Einblicke in die Prozesse der Artenbildung gewinnen.[23]

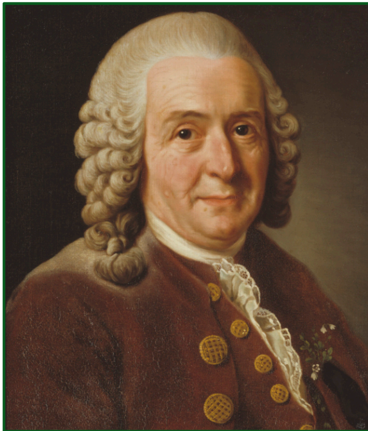


Finches from Galapagos Archipelago

Der Mensch als Schlüsselfigur in der Evolution?

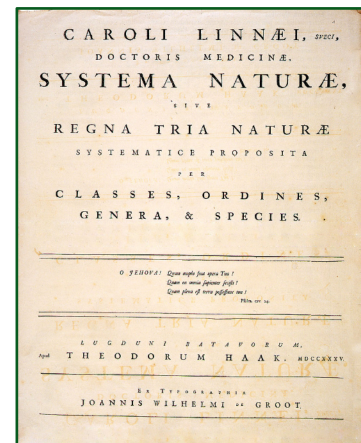
Die Ausbreitung der Spezies Mensch betrug bei den ersten Ausbreitungswanderungen 20 km pro Generation. Dies hat gereicht, um in wenigen 1000 Jahren von Afrika in die neue Welt vorzudringen. Korrelierend zum Auftreten des Menschen ist das Aussterben der terrestrischen Megafauna auf dem jeweiligen Kontinent – Mit Ausnahme dem Herkunftsort Afrika. Und das, obwohl der Mensch erst seit ca. 11 tausend Jahren mit Pfeil und Bogen jagt.[24]
Der Beginn des Anthropozän, jenes geologisches Zeitalter, in dem die Menschheit den dominanten geophysikalischen Einfluss auf das Erdsystem hat und daraus die Verantwortung des Menschen für die Zukunft des Planeten abgeleitet wird,[25] ist nicht ganz klar. Manche sagen zur der Start liegt beim Beginn der Domestizierung, andere mit Beginn der Landwirtschaft oder der Industrialisierung; Klar ist jedoch, dass durch dieses Zeitalter der Mensch die Atmosphäre der Erde verändert hat. So konnten das CO_2 1960 mit 300 ppm gemessen werden, welches sich auf über 415 ppm in 2020 erhöht hat.[26]

Vielfalt katalogisieren



Carl von Linné (1707-1778, geboren Carl Linnaeus) war ein schwedischer Naturforscher, Arzt und Botaniker. Sein Hauptwerk ist „Systema Naturae“ (1735).[27] Er brachte mehr Ordnung und Übersichtlichkeit in die komplexe und weitreichende ökologische Vielfalt. Methoden heutzutage basieren auf dieser Einteilung und seine Erkenntnisse bilden die Grundlage für den Fortschritt moderner Taxonomie.
Er entwickelte das System der binären Nomenklatur zur strukturierten Benennung von Organismen, das bis heute weltweit Standard ist. Jede biologische Art bekommt einen lateinischen Namen zugewiesen, der aus dem Gattungsnamen und einem artspezifischen Zusatz besteht. Bei Unterarten wird ihre wissenschaftliche Bezeichnung angehängt. Der (abgekürzte) Name der Person, die die Art als erstes wissenschaftlich beschrieben hat und das Jahr der ersten Veröffentlichung kann ergänzt werden, wird häufig aber auch weggelassen.[28] Der Wolf trägt beispielsweise den wissenschaftlichen Namen Canis lupus.

Zusätzlich führte Linné eine Gliederung des Organismenreiches ein, in der er alle ihm bekannten Lebewesen hierarchisch in Kategorien einsortierte. Sich ähnelnde Lebewesen klassifizierte er hierarchisch in immer allgemeinere Kategorien.[29] Mit seinem Vorgehen revolutionierte er die biologische Systematik und erleichterte die Bestimmung und Beschreibung von Tier- und Pflanzenarten. Darstellungen, die die Verwandtschaftsbeziehungen von Arten und weiteren Gruppen darstellen erinnern an einen Baum, der sich immer weiter verzweigt und werden deshalb auch Stammbäume genannt.
Die Evolution hat über die Geschichte der Erde die biologische Vielfalt an unterschiedlichsten Lebewesen hervorgebracht und wandelt sich stetig weiter.[30] Der Mensch hat sich die Funktionsweise zunutze gemacht und durch gezielte Auslese und Zucht damit beispielsweise verschiedene Tauben- und Hunderassen hervorgebracht, die sich in ihren Körperformen und Eigenschaften stark unterscheiden.[31]



CAROLI LINNÆI, SVECI,
DOCTORIS MEDICINÆ,
SYSTEMA NATURÆ,
SIVE
REGNA TRIA NATURÆ
SYSTEMATICE PROPOSITA
PER
CLASSES, ORDINES, GENERA, & SPECIES.

O JEHOVA! Quam ampla sunt opera Tua!
Quam ea omnia sapienter fecisti!
Quam plena est terra possessione tua!
Psalm. civ. 24.

LUGDUNI BATAVORUM,
Apud THEODORUM HAAK, MDCCXXXV.

Ex Typographia
JOANNIS WILHELMI DE GROOT.

Quellennachweis zu Lehrerinfo 2A

1. Max-Plack-Gesellschaft (o.J.): Biodiversität - Vielfalt des Lebens. https://www.mpg.de/biodiversitaet, zuletzt geprüft: 27.10.2021.
2. Umweltbundesamt (o.J.): Biodiversität. https://www.umweltbundesamt.de/service/glossar/b?tag=Biodiversitt#alphabar, zuletzt geprüft: 27.10.2021.
3. Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2020): Globale Biodiversität in der Krise – Was können Deutschland und die EU dagegen tun?. In: Diskussion Nr. 24, Halle (Saale). S. 5.
4. Aufbauend auf: BMU (2009): Dem Klimawandel begegnen. Die Deutsche Anpassungsstrategie. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf, zuletzt geprüft: 09.11.2021.
5. Myers, Norman et al. (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. In: Nature 403. S. 853.
6. Aufbauend auf: BMU (2009): Dem Klimawandel begegnen. Die Deutsche Anpassungsstrategie. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf, zuletzt geprüft: 09.11.2021.
7. Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2020): Globale Biodiversität in der Krise – Was können Deutschland und die EU dagegen tun?. In: Diskussion Nr. 24, Halle (Saale). S.5.
8. Ebd.
9. Yves, Basset, et al. (1996): A review of methods for sampling arthropods in tree canopies. In : Canopy arthropods, London. S. 27-52.
10. Gese, Eric M. (2001): Monitoring of terrestrial carnivore populations. In: USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. S. 576.
11. Thomsen, Philip; Willerslev, Eske (2014): Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. In: Biological Conservation 183. S. 4-18.
12. Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science. Bonn. S. 2.
13. Kutschera, Ulrich (2015): Evolutionsbiologie. Ursprung und Stammesentwicklung der Organismen. Stuttgart. S. 28-29.
14. Netzwerk-Forum zur Biodiversitätsforschung (2016): Faktenkoffer Biodiversität. S9.
15. Díaz, Sandra, et al. (2019): Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. In: Science 366 (6471). S. 3.
16. Netzwerk-Forum zur Biodiversitätsforschung (2016): Faktenkoffer Biodiversität. S9.
17. Campbell, Neil et al. (2016): Campbell Biologie. Hallbergmoos. S. 17, 618-619; Kutschera, Ulrich (2015): Evolutionsbiologie. Ursprung und Stammesentwicklung der Organismen. Stuttgart. S. 36.
18. Campbell, Neil et al. (2016): Campbell Biologie. Hallbergmoos. S. 16, 620.
19. Tomjuk, Jürgen; Loeschcke, Volker (2017): Grundlagen der Evolutionsbiologie und Formalen Genetik. Berlin.
20. Campbell, Neil et al. (2016): Campbell Biologie. Hallbergmoos. S. 17, 618-619.
21. Ebd. S. 623.
22. Grant, Peter; Grant, B. Rosemary (2008): How and Why Species Multiply. The Radiation of Darwin's Finches. In: Princeton Series in Evolutionary Biology, Princeton. S 3-8.; Campbell, Neil et al. (2016): Campbell Biologie. Hallbergmoos. S. 19-21.
23. Campbell, Neil et al. (2016): Campbell Biologie. Hallbergmoos. S. 19-20.
24. Rosa-Luxemburg-Stiftung Baden-Württemberg (2020): Der Mensch und die Vernichtung der Arten, Vortrag von Prof Matthias Glaubrecht (Universität Hamburg). https://youtu.be/oxvz4eUGL9k, zuletzt geprüft: 27.10.2021.
25. Gabriele Dürbeck (2018): Das Anthropozän Erzählen: fünf Narrative. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 21-23/2018, Bonn. https://www.bpb.de/apuz/269298/das-anthropozaen-erzaehlen-fuenf-narrative, zuletzt geprüft 28.10.2021.
26. Rosa-Luxemburg-Stiftung Baden-Württemberg (2020): Der Mensch und die Vernichtung der Arten, Vortrag von Prof. Matthias Glaubrecht (Universität Hamburg). https://youtu.be/oxvz4eUGL9k, zuletzt geprüft: 27.10.2021.
27. Bundesamt für Naturschutz (o.J.): Carl von Linné. https://naturdetektive.bfn.de/lexikon/sonstiges/carl-von-linne.html, zuletzt geprüft: 27.10.2021.
28. Spektrum (o.J): Linné, Carl von. https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/linne-carl-von/39482, zuletzt geprüft: 27.10.2021.
29. Campbell, Neil et al. (2016): Campbell Biologie. Hallbergmoos. S. 615.
30. Ebd. S. 41, 710.
31. Kutschera, Ulrich (2015): Evolutionsbiologie. Ursprung und Stammesentwicklung der Organismen. Stuttgart. S. 36.